根瘤線蟲田間密度檢定試驗

蔡 雲 鵬　　游 江 海

一、前　　言

在臺灣，栽植鐘麻多係利用灌溉不便的瘦瘠地，在此土壤中根瘤線蟲的生存密度往往很高，鐘麻受其威脅至大，影響生育，有時幾乎不得收成。因此，筆者自42年起就藥劑、積水、客土、多施堆肥及多施氰氮化鈣等舉行防治試驗，結果以藥劑 (D-D 合劑) 防治爲最有效，其餘無何顯著效果[11,12]。防治根瘤線蟲的藥劑種類雖多且效果良好，但因藥價太高，僅能應用於經濟價值高的作物或溫室苗圃等處。筆者曾施用 D-D 合劑得到理想的結果，可是該藥劑成本高，尙無法供作推廣之資料[14,15]。

根瘤線蟲在臺灣中南部分佈甚廣，其密度分佈頗不均勻[8,14]，凡密度高的土地栽植鐘麻必將不得收成。如民國45年雲林縣大埤鄉松竹村麻農劉江海、郭詹墩等，所種50公畝鐘麻因罹根瘤線蟲病嚴重，株高僅達 1.8 公尺時即告枯萎而死，使該等麻農蒙受莫大之損失。因此，栽培鐘麻前麻農須明瞭該農地是否有根瘤線蟲存在及其密度如何，然後才可以決定栽培與否。

檢定土壤根瘤線蟲之方法有直接檢查土壤法 (Washing and screening method) 及利用指示作物法 (Nematode indicator crop method) 等。本試驗係研究一般農民可採用之簡易方法即應用指示作物檢定土中根瘤線蟲之密度；就指示作物的種類，栽培時期及方法，調查方法等加以研討。企望麻農能善用本法，以期減少根瘤線蟲病於未然，提高農作物產量，改善農家經濟。

本文蒙季分所長景元及臺灣大學松本巍教授校閱指導，謹誌謝忱。

二、試驗方法及結果

試驗一

試驗地點爲臺南棉麻試驗分所農場第14之2區，該區於民國44年栽培鐘麻，當其株高 2.5～3.0 公尺時罹根瘤線蟲病而枯死約80%。民國45年9月上旬，按照普通栽培法插植甘藷苗，同年11月1日種植蕃茄苗及米豆爲指示作物，此時甘藷莖葉已佔全土面⅔的面積。該區計有17行甘藷，行距 1.2公尺。於甘藷的第3,7,11及15行上(即每隔4.8公尺)每隔2公尺栽植蕃茄苗1株及播種米豆種子8粒。蕃茄苗係在無根瘤線蟲的土壤育成25日者。因天旱，種植指示作物後連續澆水3日。

種植指示作物後，經1,2及3個月，分別調查其生育情形及罹根瘤線蟲病之情形，結果示如下表。

表 1. 指示作物生育情形及罹根瘤線蟲病程度

調查日期 年 月 日	米豆				蕃茄			
	調查株數(株)	株高(cm)	生育情形*	罹病指數**	調查株數(株)	株高(cm)	生育情形	罹病指數
1956 12 5	20	7.7	劣	5	10	16.6	良	60
1957 1 5	30	13.7	劣	47	60	21.7	良	80
1957 2 5	40	16.2	劣	64	—	—	—	—

*生育情形分爲；優、良、可及劣等4級。

**罹病指數 (Disease Index)[9] $= \dfrac{n_1 \times 1 + n_2 \times 2 + n_3 \times 3 + n_4 \times 4}{4N} \times 100$

N: 調查總株數　n_1: 罹病程度輕之株數　n_2: 罹病程度中之株數　n_3: 罹病程度重之株數
n_4: 罹病程度最重之株數

蕃茄苗經移栽後 1 個月即罹病相當嚴重，米豆則於播種後 3 個月始呈和移栽後經 1 個月的蕃茄苗同樣的罹病程度。米豆於 11～2 月間生育不良，多被甘諸莖葉覆蓋，蕃茄生育雖良好，亦被甘諸莖葉覆蓋。

試驗二

民國45年10～12月，在鐘麻栽培區域 5 縣12鄉鎮，選擇46年春季預定栽培鐘麻的37處田場，播種米豆爲指示作物，以檢定根瘤線蟲密度，作爲次年栽培鐘麻的主要參考。該田場的現植作物爲甘諸、花生及蕃仔豆等不影響米豆生育的低矮作物，但在不影響米豆生育的原則之下，栽植玉米或水稻的田場亦予以選擇。每試驗地爲10公畝。

米豆的播種方法爲；順現植作物的行向，每隔 5 公尺種 1 行，每行上隔 3 公尺種 1 穴，每穴播種米豆種子 4 粒，播種位置爲現植作物的株與株之間，如此不會影響現植作物的肥培管理及收量。

所選37處田場中；在米豆生育期間內，因次年春季不願意栽植鐘麻，改種其他作物而翻耕米豆者 7 處，佔總數的19%；米豆在檢根前夭死者 4 處，佔總數的11%，因現植作物過於繁茂，抑制米豆生長，致米豆根部腐爛而夭死。檢查米豆根的田場計有26處，其中有 5 處根瘤線蟲密度高，絕不適種植鐘麻等易罹病作物。就各現植作物與米豆生長的關係而言；以甘諸及花生兩種作物對米豆生長的影響最少，玉米、水稻、敏豆及蕃仔豆的影響較大。米豆種植結果亦如下表：

表 2. 民國45年米豆種植結果簡要

縣別	種植米豆總區數	種植米豆中途翻耕改種其他作物區數	米豆夭死區數	根瘤線蟲病發生程度*					
				無	輕	中	重	嚴重	計
屏東	4	2	0	1	0	1	0	0	2
臺南	3	0	0	0	0	1	0	2	3
嘉義	20	5	1	0	9	2	3	0	14
雲林	9	0	3	2	0	4	0	0	6
彰化	1	0	0	0	0	1	0	0	1
計	37	7	4	3	9	9	3	2	26

*種植米豆後經 2 個月調查。屬於重及嚴重者不可種植易罹病作物。

試驗三

民國46年8～9月間，在鐘麻栽培區域 4 縣 6 鄉鎮選擇11處，田場於現植作物甘諸或花生行上種植米豆及蕃茄苗爲指示作物，每處種植 3 行，其種植方法同試驗一。蕃茄苗係在無根瘤線蟲的土壤培育30日，株高平均13公分。

在現植作物甘諸或花生種植未經 1 個月的田場，米豆及蕃茄的生育較優，如經 1 個月以上者，米豆及蕃茄的生育較差，易被現植作物的莖葉覆蓋。

雲林縣東勢鄉及四湖鄉，冬期季節風甚大，致稍影響米豆及蕃茄的生育。本試驗所選擇的11處均係砂質壤土，其前作多係黃麻或鐘麻而略知該地含有根瘤線蟲者，因此其罹病指數均高、尤其雲林縣東勢鄉黃夫天的田場，根瘤線蟲密度特別高，播種米豆後 1 個月即呈嚴重的病狀，再經 1 個月調查時已罹病過度嚴重而枯死。

米豆及蕃茄種植經過及結果列如下表：

表 3. 民國46年種植米豆及蕃茄經過及結果

試驗田位置			業主姓名	現植作物			指示作物種植日期		指示作物與現植作物種植日期相隔日數(日)	生育情形*				罹根瘤線蟲病指數			
										米豆		蕃茄		米豆		蕃茄	
縣	鄉	村		種類	種植日期 月	日	月	日		** A	*** B	A	B	A	B	A	B
彰化	溪州	東州	楊永充	甘藷	9	5	9	18	13	優	優	優	優	20	70	—	100
雲林	東勢	東北	黃夫天	〃	8	20	9	19	30	良	—	—	—	90	—	—	—
〃	四湖	四湖	吳 蚕	〃	8	20	9	20	31	良	劣	劣	劣	0	60	20	70
〃	〃	湖寮	吳 崎	花生	8	10	9	20	41	優	良	劣	可	0	60	15	50
嘉義	新港	俾子	蔡欲成	甘藷	8	17	9	18	32	優	良	優	良	0	60	20	70
〃	〃	北崙	張 魯	〃	8	9	9	18	40	優	劣	可	良	0	65	40	90
〃	〃	〃	李 陣	〃	7	8	9	18	72	優	可	劣	可	0	80	50	100
〃	〃	〃	王正德	花生	9	15	9	18	3	良	—	優	—	0	—	5	—
〃	溪口	美北	李 全	〃	9	3	9	19	16	良	優	優	良	0	50	20	65
〃	〃	〃	陳如城	甘藷	8	18	9	19	30	優	可	劣	可	0	70	20	75
屏東	新園	新園	陳 清	〃	8	25	9	20	26	優	優	優	優	0	50	15	50

* 生育情形分爲：優、良、可及劣等4級

** 10月14～23日(1957)調查

*** 12月1～6日(1957)調查

三、討論及結論

1. 指示作物的種類

爲檢定根瘤線蟲，其指示作物須具備以下幾種條件；(一)易栽植，生育旺盛，根部發育迅速。(二)易罹根瘤線蟲病。(三)終年易得其種子且價格低廉。依地溫之高低，指示作物的種類亦應隨之變更。如 Godfrey[5] 氏所敍述在 Hawaii 初春低溫(13—16°C)時採用豌豆 (English pea, Pisum sativum L.)，當土壤溫度增高 (19°C 以上) 時採用米豆 (Cowpea, Vigna sinensis L.) 或黃豆 (Soybean, Glycine max [L.] Merr.) 爲佳。

在臺灣，易罹根瘤線蟲病的作物雖多，但終年可種植而適合於上述條件者則少。筆者就各作物罹病情形及其生育情形等進行觀察的結果，認爲米豆及蕃茄爲最適宜故採用爲本試驗的指示作物。

蕃茄苗移栽於農田，經1個月至1個月半檢查根部即可知該地根瘤線蟲的生存密度。所供蕃茄苗爲吸引更多的土內根瘤線蟲而易調查起見，以根系發達者爲佳，但爲求每株吸引的幼蟲數量平均以免調查時發生誤差起見，需選擇根部發育相同者。蕃茄苗須在無根瘤線蟲的土壤育成20日以上，故自播種起約需要1個月的準備期間，普通農民缺乏這些知識及設備，又大面積應用時較不方便。播種米豆後經1個月半至2個月才能充分表現出其罹病程度。米豆的播種方法簡單又其地上部及根部的發育頗旺盛。米豆價格低廉，任何時間任何地方都易買到，實爲較理想的指示作物。

2. 指示作物的栽培

鐘麻播種適期爲4月間，一般農民對後作的計劃則於前1年就有所決定。故於秋季種植指示作物而於冬季或冬季以前明瞭農田的根瘤線蟲分佈情形及密度，即可供爲決定次年栽培鐘麻面積的主要參考。如民國45年10～12月所選擇的37處田場中(本文試驗二)，因次年春季不願意栽植鐘麻，改種其他作物而翻耕指示作物米豆者有7處，其餘30處(佔總數的81%)均能按照預定計劃於46年3～4月播種鐘麻。

蕃茄在臺灣中南部的栽培適期爲秋季，故於秋季移栽至田間，其生育並不成問題而可充分發揮

當作爲指示作物的價值。米豆在臺灣中南部，於2～3月播種者係供採種用。根據筆者的觀察，8～10月播種的米豆，其生育正常並不因氣溫降下而阻碍生育，故秋季可播種米豆利用爲指示作物。

臺灣中南部8月至1月的地中溫度(0.5公尺深)爲19.7～30.1°C[13]，這些溫度最適合於根瘤線蟲的活動[2,4,9]，蕃茄生育適溫25～30°C亦適合於根瘤線蟲的活動[7]。

秋季，栽植現植作物後經1個月以上時，種植指示作物於其株間，則指示作物很容易被現植作物的莖葉覆蓋，又適值乾燥期(10～12月)，故影響米豆的發芽率及蕃茄苗的存活率很大。由以上事實可推出米豆及蕃茄苗，以栽植現植作物時一起種植爲最適當，如此可避免現植作物覆蓋及土壤過乾的弊害。

鐘麻的前作以甘藷及花生爲大多數，其他尙有玉米、蕃仔豆、敏豆及甘蔗等。米豆及蕃茄苗種植在甘藷或花生的株間爲最好，但用不影響指示作物生育的其他作物亦可。

諸種天敵，栽培作物及環境的各生理條件影響根瘤線蟲的密度分佈[1,3,4,6]。農田的某部份如有栽植易罹根瘤線蟲病的作物或雜草，則該部份的根瘤線蟲密度必增高。據筆者在各地的調查，雖在一小塊農田中，其根瘤線蟲密度分佈頗不均勻，此種情形可歸因於輪作作物種類，土質等之不同引起。因此指示作物的栽植行株距離不宜太大，以行距5～10公尺，株距2～4公尺爲最適宜。按此標準計算，每公頃需要250～1000個栽植指示作物的據點，即每公頃需要250～1000株蕃茄苗或米豆種子130～530公分(每穴播種4粒計算)。

3. 臺灣中南部根瘤線蟲分佈情形

自民國38年至40年間，位置於臺中縣東勢鄉的種苗繁殖場內部份鐘麻採種田中，先後發生根瘤線蟲病，40年度的1部份採種田被害尤甚，有數公頃幾乎完全不得收成[10]。臺灣中南部各縣，凡屬砂質壤土，不能和水稻輪作或3年輪作的旱田，均遭根瘤線蟲之爲害而無可倖免，此爲利用旱田推廣鐘麻計劃之唯一障碍[8]。在臺南棉麻試驗分所及新化畜產試驗所部份農場亦發生根瘤線蟲病甚烈[14]。在臺灣南部，常見無灌溉設備的蕃茄圃，在生育中期以後蒙受根瘤線蟲病爲害而早枯死。又在庭院栽培的絲瓜、匏仔及皇帝豆等，到生育後期常見其根部結瘤累累，促進其枯死。

筆者於民國44年，在鐘麻栽培區域(彰化、雲林、嘉義、臺南、高雄及屏東等6縣)所調查的19處鐘麻田中有3處(佔總數的16%)罹根瘤線蟲病甚爲嚴重，幾乎無收益。民國45年10～12月間所調查的26處田場中，有5處(佔總數的19%)根瘤線蟲密度高，不能種鐘麻(本文試驗二)。雖然無各地區詳盡的調查資料，但由以上各調查可推出臺灣中南部屬於砂質壤土的旱田，有16～19%左右的面積，根瘤線蟲的密度很高，不適宜種植鐘麻等易罹病作物。

4. 線蟲根瘤的調查

欲知根瘤線蟲的土壤內密度分佈情形，應在根瘤線蟲在根部完成1世代(在臺灣的氣候之下約須1個月左右)時，調查根部線蟲根瘤發生情形而決定。每1個線蟲根瘤含有2隻或以上的幼蟲，成熟的雌蟲體約有1mm長，故每1mm長的線蟲根瘤可計算有1隻根瘤線蟲在內，如3mm大則可計算有3隻在內[5]。Godfrey[5]氏就指示作物根部線蟲根瘤計算方法有詳盡的調查及研究。線蟲根瘤的精確計算實際應用上很困難，有的根部已有幼蟲侵入但尙未形成明顯的根瘤，有的根部則形成數個根瘤合起來的大型根瘤。

種植蕃茄苗及米豆爲指示作物後，調查根部的日期應爲1個月至1個月半(蕃茄)及1個月半及2個月(米豆)。米豆及蕃茄的細根(除主根以外的根)數目依每株根部的發育情形而略有異。筆者以有線蟲根瘤的細根佔全部細根的百分率等訂定計算罹病程度，示如第4表。但這些細根並不包含新生出的白色嫩軟的根，因這些新根生出後僅幾日，雖有根瘤線蟲之侵入亦未能形成明顯的線蟲根瘤。掘根調查時，應將根部每支細根掘起勿使其斷掉以求精確。調查米豆根部時，應注意線蟲根瘤和荳類根瘤菌根瘤之判別。後者略呈扁平的球形，表面有不規則的縱皺，用手指接觸時容易脫落，

線蟲根瘤則係根部膨大者，不能因接觸而脫落。罹輕微病害之線蟲根瘤甚細小，僅爲根部之輕微膨大，無經驗者如不小心觀察則難辨認，罹病程度重者則易識別(如圖 1)。在根瘤線蟲密度高的土壤，播種米豆經 1 個半月者其根部即呈現明顯的病狀(如圖 2)。

表 4. 罹病程度與指示作物根部病狀

罹病程度	罹病指數	指示作物根部病狀
無	0	無線蟲根瘤
輕	1～25	有線蟲根瘤的細根佔全部細根的1/10以下。每株線蟲根瘤數目爲1～5個。
中	25～50	有線蟲根瘤的細根佔全部細根的1/10～3/10。每株線蟲根瘤數目爲6～30個。
重	51～75	有線蟲根瘤的細根佔全部細根的3/10～7/10。主根有小形線蟲根瘤。
嚴　重	76～100	有線蟲根瘤的細根佔全部細根的7/10以上。主根有大形線蟲根瘤。

四、摘　　要

1. 本試驗係民國45～46年年在臺南棉麻試驗分所及臺灣中南部鐘麻栽培區域各縣擧行。鑒於鐘麻栽培適地，往往發生嚴重的根瘤線蟲病，常造成慘害，影響產量頗鉅，又因藥劑及栽培方面的防治工作，實際應用相當困難，因此研究一般農民容易採用的種植指示作物以檢定根瘤線蟲法，於栽培鐘麻前種植指示作物，檢定根瘤線蟲在農田的密度分佈而決定可否栽培鐘麻。

2. 秋季(8～10月)於鐘麻栽培預定地(次年春季播種鐘麻)栽植甘藷或花生等作物同時，在其行上株間種植蕃茄苗或米豆爲指示作物，其行株距各爲 5～10 公尺及2～4公尺。種植指示作物後，經1～1個半月(蕃茄)或1個半月～2個月(米豆)拔起根部，調查線蟲根瘤的多寡而判定根瘤線蟲之密度分佈情形。

3. 臺灣中南部的非水田地帶，據估計約有16～19%的面積，根瘤線蟲的密度很高，不適合於栽植鐘麻等易罹根瘤線蟲病的作物。

參 考 文 獻

(1) CLAYTON, E. E. and H. H. FOSTER. 1940. Disease resistance in the Genus Nicotiana. Phytopath. 30: 4.

(2) GODFREY, G. H. 1926. Effect of temperature and moisture on nematode rootknot. Jour. Agr. Res. 33: 223-254.

(3) GODFREY, G. H. and HOSHINO, HELENE M. 1932. Studies on certain environmental relations of the root-knot nematode Heterodera radicicola. Phytopath. 23: 41-62.

(4) GODFREY, G. H., OLIVEIRA, JULIETTE M., and GITTEL, ERNA B. H. 1933. The duration of life of the root-knot nematode Heterodera radicicola, in soils subjected to drying. Soil Sci. 35: 185-195.

(5) GODFREY, G. H. 1934. Indicator plants for measuring soil populations of the root-knot nematode, Heterodera marioni (Cornu) Goodey. Soil Sci. 38: 2-27.

(6) HOSHINO, HELENE M., and GODFREY, G. H. 1933. Thermal death point of Heterodera radicicola in relation to time. Phytopath. 23: 260-270.

(7) JONES, L. H. 1932. The effect of enivronment on the nematode of the tomato gall. Jour. Agr. Res. 44: 275-285.

(8) 梁同庭1952民國41年臺灣鐘麻主要病蟲害之初步調查簡報(油印本)

(9) SMITH, A. L., and A. L. TAILOR 1947. Field methods of testing for root-knot infection. Phytopath. 37: 85-93.

(10) 孫定國、施保華1951 鐘麻線蟲病調查報告 蔗苗繁殖場工作年報第6號第114-120頁
(11) 臺灣省農業試驗所民國43年年報第159-160頁
(12) 臺灣省農業試驗所民國44年年報第128-129頁
(13) 臺灣總督府農業試驗所1944 臺灣農家便覽第19頁
(14) 蔡雲鵬、游江海1956 鐘麻根瘤線蟲病與D-D施用之效果(第1報)農業研究6(1):41-47
(15) 蔡雲鵬、游江海、劉文珍1957 鐘麻根瘤線蟲病與D-D合劑施用之效果(第3報)農業研究7(2):14-22

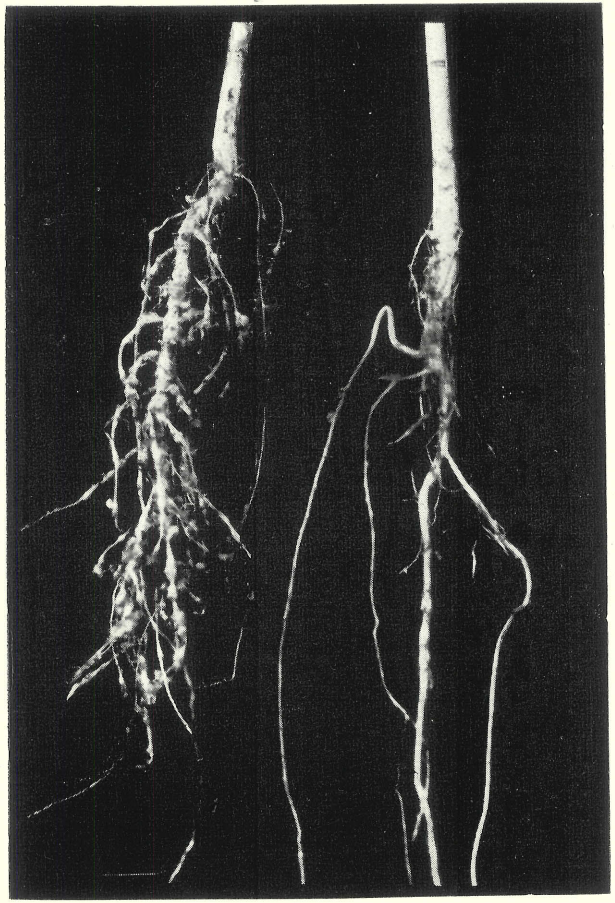

圖 1. 米豆根瘤線蟲病
左：病根　　右：健根

圖 2. 播種後經 1 個月半的罹根瘤線蟲病米豆
左：罹病程度嚴重者　中：罹病程度屬中等者　右：健株

STUDIES ON DETERMINATION OF FIELD POPULATION OF ROOT-KNOT NEMATODES, MELOIDOGYNE SP.

by

Y. P. TSAI and C. H. YU

SUMMARY

Nematode root-knot is one of the major diseases of kenaf (Hibiscus cannabinus L.) growing in the sandy soil in Taiwan. Various control methods were tested, but there are no significant effects except chemical treatment. As a matter of fact, however, on account of expensiveness the latter method is of little practical value as control measure.

From this point of view, some experiments of indicator crop method for making clear field nematode population were carried out during 1956–1957 in Tainan Fiber Crops Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Taiwan, China.

During autumn (August to October) indicator plants such as tomato (Lycopersicon esculèntum L.) or cowpea (Vigna sinensis L.) were inter-planted at the same time as sweetpotato or peanut in the field where kenaf was scheduled to be cultivated next March or April. Seeds of cowpea or tomato seedlings were respectively sown or transplanted among sweetpotatoes or peanuts at the row distance 5 to 10 meters and plant distance 2 to 4 meters. After 30 to 45 days (tomato) or 45 to 60 days (cowpea) these indicator plants were dug out and their roots were examined for counting of nematode root-knot in order to judge the degree of infestation and decide the possibility of cultivating kenaf.

It is estimated that the area of 16 to 19 per cent of cultivated land except paddy rice field in the central and south of Taiwan has very high population of root-knot nematodes highly injurious to kenaf or other susceptible crops.